

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-030150

(43)Date of publication of application : 02.02.1999

(51)Int.Cl.

F02D 41/38  
 F02D 41/04  
 F02M 37/00  
 F02M 55/02  
 F02M 59/20  
 // F02M 47/02

(21)Application number : 09-185128

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 10.07.1997

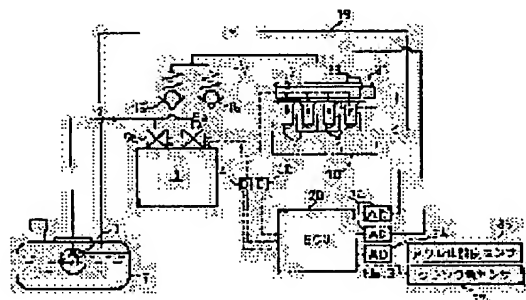
(72)Inventor : MURAKAMI GENICHI  
 ODA TOMIHISA  
 TAUCHI YUTAKA

## (54) ACCUMULATOR FUEL INJECTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control fuel pressure in a common rail at high accuracy and with good responsiveness.

SOLUTION: In a accumulator fuel injection device, high-pressure fuel is supplied from a high-pressure fuel injection pump 5 to a common rail 3, and fuel is supplied from the common rail 3 to respective fuel injection valves 1. An ECU 20 controls the amount of fuel to be fed from the fuel injection pump 5 to the common rail so that the actual common rail pressure may coincide with fuel pressure detected by a fuel pressure sensor 31 and the target fuel pressure to be set according to the engine operating state. Moreover, the ECU 20 calculates the leak fuel amount from a fuel system on the basis of the pump operating state such as the revolutions of the fuel injection pump and the fuel temperature detected by a temperature sensor 33 and corrects the fuel force feeding amount on the basis of this leak amount.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-30150

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F02D 41/38			F02D 41/38	A
41/04	330		41/04	P
F02M 37/00			F02M 37/00	C
55/02	350		55/02	E
59/20			59/20	D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-185128

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月10日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 村上 元一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 小田 富久

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 田内 豊

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

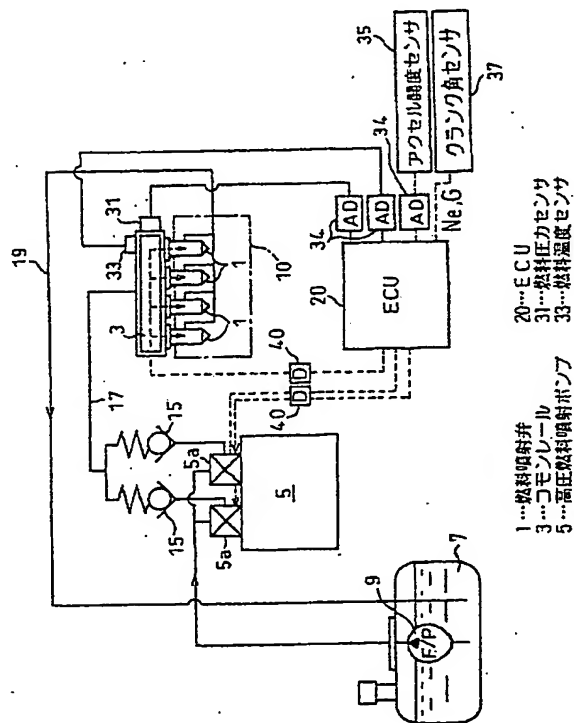
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54) 【発明の名称】 蓄圧式燃料噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 コモンレール内の燃料圧力を高精度かつ応答性良く制御する。

【解決手段】 高圧燃料噴射ポンプ5からコモンレール3に高圧燃料を供給し、コモンレールから各燃料噴射弁1に燃料を供給する。ECU20は燃料圧力センサ31で検出した燃料圧力と機関運転状態に応じて設定される目標燃料圧力に実際のコモンレール圧力が一致するように燃料噴射ポンプ5からコモンレールに圧送される燃料量を制御する。更に、ECUは燃料噴射ポンプ回転数、温度センサ33で検出した燃料温度等のポンプ運転状態に基づいて燃料系統からのリーク燃料量を算出し、このリーク量に基づいて燃料圧送量を補正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 加圧燃料を貯留する蓄圧室と、該蓄圧室内の燃料を内燃機関に噴射する燃料噴射弁と、前記蓄圧室に燃料を供給する燃料噴射ポンプと、前記蓄圧室内の燃料圧力が予め定めた目標圧力になるように前記燃料噴射ポンプから蓄圧室に供給される燃料量目標値を設定する制御手段と、を備えた蓄圧式燃料噴射装置において、前記制御手段は、前記燃料噴射ポンプの運転状態を検出する運転状態検出手段と、  
該運転状態検出手段の検出したポンプ運転状態に基づいて、前記燃料噴射ポンプから圧送される燃料のうち、蓄圧室の圧力上昇に寄与しないリーク燃料の量を算出するリーク燃料量算出手段と、  
算出されたリーク燃料量に応じて前記燃料量目標値を補正する補正手段と、  
を備えた蓄圧式燃料噴射装置。

【請求項2】 前記リーク燃料量は、前記燃料噴射弁と燃料噴射ポンプとから燃料噴射弁の燃料噴射動作の有無にかかわらず発生する静的リーク燃料の量である請求項1に記載の蓄圧式燃料噴射装置。

【請求項3】 前記リーク燃料算出手段は、前記リーク燃料量を燃料噴射ポンプ回転速度と燃料温度とに基づいて算出する請求項1または2に記載の蓄圧式燃料噴射装置。

【請求項4】 前記燃料量目標値は、蓄圧室の前記目標圧力と燃料噴射弁からの燃料噴射量とにより定まるフィードフォワード量と、蓄圧室内の実際の燃料圧力と前記目標圧力との偏差により定まるフィードバック量とを含む量として設定され、前記補正手段は前記フィードフォワード量を補正する請求項1に記載の蓄圧式燃料噴射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は蓄圧式燃料噴射装置に関し、詳細には蓄圧室（コモンレール）内に加圧燃料を貯留し、蓄圧室に接続した燃料噴射弁から内燃機関に燃料を噴射するコモンレール式の燃料噴射装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高圧燃料ポンプから燃料を共通の蓄圧室（コモンレール）に供給し、この蓄圧室に各気筒毎の燃料噴射弁を接続して蓄圧室内に貯留した高圧燃料を内燃機関の各気筒に噴射する、いわゆる蓄圧式（コモンレール式）の燃料噴射装置が知られている。

【0003】蓄圧式燃料噴射装置では、コモンレール内燃料圧力により燃料噴射弁の噴射率が制御され、コモンレール内燃料圧力と燃料噴射弁の開弁（燃料噴射）時間との両方により燃料噴射量が制御される。このため、蓄圧式燃料噴射装置では機関負荷状態に応じてコモンレール内燃料圧力を正確に制御することが必要となる。

【0004】このような蓄圧式燃料噴射装置の例としては、例えば特開昭64-73166号公報に記載されたものがある。同公報の装置は、コモンレール内の燃料圧力の目標圧力を機関負荷や回転数に応じて設定し、圧力センサで検出したコモンレール内の実際の燃料圧力がこの目標圧力になるように燃料ポンプからコモンレールへの燃料圧送量を制御するようにしている。

【0005】一般に蓄圧式燃料噴射装置では、コモンレール内燃料圧力を機関負荷状態に応じて急速に変化する目標圧力に制御する必要があるため、燃料ポンプからコモンレールへの燃料圧送量を応答性良く、しかも高精度に制御する必要がある。このため、通常燃料ポンプからの燃料圧送量制御にはフィードフォワード制御とフィードバック制御とが併用される。すなわち、燃料圧送量は通常、コモンレール目標燃料圧力と燃料噴射量指令値とから定まるフィードフォワード量と、実際のコモンレール燃料圧力の目標燃料圧力からの偏差とによって定まるフィードバック量との和を含む量として算出される。ここで、フィードフォワード量はコモンレール圧力を目標圧力近傍の値に粗調整するための値であり、フィードバック量はコモンレール燃料圧力が目標圧力に正確に一致するように微調整するための値である。

【0006】一般に上記のようなフィードフォワード量とフィードバック量とを用いた燃料圧送量の制御では、フィードフォワード量は予め目標圧力と燃料噴射量指令値との各組合せ毎に設定し数値マップとして制御装置に格納しておき、このマップから目標圧力と燃料噴射量指令値とに基づいてフィードフォワード量を読みだすようにされる。これにより、過渡運転時等のように機関負荷状態が急激に変動するような場合でもフィードフォワード量は高速に適切な値に設定され、フィードフォワード量によりコモンレール燃料圧力は応答性よく目標圧力近傍の値に制御される。また、フィードバック量は通常、実際のコモンレール内燃料圧力の目標圧力からの偏差に基づく比例積分制御等により決定されるため、フィードバック量によりコモンレール内の燃料圧力は精度よく目標圧力に制御されるようになる。すなわち、フィードフォワード量とフィードバック量とを用いて燃料ポンプ圧送量を制御することによりコモンレール内燃料圧力を応答性良く、しかも高精度に目標圧力に制御することが可能となる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記フィードフォワード量は目標燃料圧力と燃料噴射量指令値とのみによって設定されるため、例えばポンプ回転数等の条件が異なると目標燃料圧力と燃料噴射量指令値とのみに基づいて設定したフィードフォワード量ではコモンレール内燃料圧力を目標圧力近傍に制御することができなくなる場合がある。

【0008】例えば、上記により設定される燃料ポンプ

の燃料圧送量はその全量がコモンレール内の圧力上昇に寄与するわけではなく、実際には圧送燃料の一部は燃料ポンプ内部や燃料噴射弁内部の摺動部からリークしてしまいコモンレールの圧力上昇に寄与することなく燃料タンクに戻される。また、これらの摺動部等からの単位時間当たりのリーク量（以下、これらの摺動部等からのリークのように常時発生しているリークを、燃料噴射弁の燃料噴射動作に伴って発生するリーク（動的リーク）と区別するために「静的リーク」と称する）は燃料温度（すなわち燃料の粘度）とともに変化する。また、単位時間当たりの静的リーク量が同一であった場合でも、燃料ポンプの動作1サイクル当たりの時間はポンプ回転数に応じて変化するため、ポンプ1サイクル当たりの静的リーク量はポンプ回転数により変化するようになる。このため、目標燃料圧力と燃料噴射指令値とが同一であってもポンプ回転数や燃料温度が変化すると、コモンレール圧力を目標圧力近傍に制御するのに必要とされるポンプ動作1サイクル当たりの燃料圧送量（すなわちフィードフォワード量）は異なって来る。従って、燃料温度とポンプ回転数の条件によっては予め数値マップに格納したフィードフォワード量ではコモンレール内燃料圧力を十分に目標圧力に近づけることができなくなる場合が生じるのである。

【0009】この場合でも、ある程度の時間が経過すればフィードバック量によりコモンレール内燃料圧力は正確に目標圧力に一致するようになるものの、フィードフォワード量による粗調整後のコモンレール内燃料圧力と目標圧力との差が大きい場合には、コモンレール内燃料圧力が目標圧力に収束するまでに時間を要してしまい、燃料圧力の機関負荷状態変化に対する応答性が低下する問題がある。

【0010】本発明は上記問題に鑑み、ポンプ回転数や燃料温度の変化にかかわらず、コモンレール内燃料圧力を高い精度でしかも応答性良く目標圧力に制御することを可能とする蓄圧式燃料噴射装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、加圧燃料を貯留する蓄圧室と、該蓄圧室内の燃料を内燃機関に噴射する燃料噴射弁と、前記蓄圧室に燃料を供給する燃料噴射ポンプと、前記蓄圧室内の燃料圧力が予め定めた目標圧力になるように前記燃料噴射ポンプから蓄圧室に供給される燃料量目標値を設定する制御手段と、を備えた蓄圧式燃料噴射装置において、前記制御手段は、前記燃料噴射ポンプの運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段の検出したポンプ運転状態に基づいて、前記燃料噴射ポンプから圧送される燃料のうち、蓄圧室の圧力上昇に寄与しないリーク燃料の量を算出するリーク燃料量算出手段と、算出されたリーク燃料量に応じて前記燃料量目標値を補正する補

正手段と、を備えた蓄圧式燃料噴射装置が提供される。

【0012】請求項2に記載の発明によれば、前記リーク燃料量は、前記燃料噴射弁と燃料噴射ポンプとから燃料噴射弁の燃料噴射動作の有無にかかわらず発生する静的リーク燃料の量である請求項1に記載の蓄圧式燃料噴射装置が提供される。請求項3に記載の発明によれば、前記リーク燃料算出手段は、前記リーク燃料量を燃料噴射ポンプ回転速度と燃料温度とに基づいて算出する請求項1または2に記載の蓄圧式燃料噴射装置が提供される。

【0013】請求項4に記載の発明によれば、前記燃料量目標値は、蓄圧室の前記目標圧力と燃料噴射弁からの燃料噴射量とにより定まるフィードフォワード量と、蓄圧室内の実際の燃料圧力と前記目標圧力との偏差により定まるフィードバック量とを含む量として設定され、前記補正手段は前記フィードフォワード量を補正する請求項1に記載の蓄圧式燃料噴射装置が提供される。

【0014】すなわち、各請求項に記載の発明では、リーク燃料量算出手段は例えばポンプ回転数や燃料温度等のポンプ運転状態に基づいて蓄圧室の圧力上昇に寄与しないリーク燃料の量を算出し、補正手段はこのリーク燃料量に基づいて燃料噴射ポンプから蓄圧室に圧送される燃料量の目標値を補正する。例えば、補正手段は、リーク燃料量が増大した場合には目標燃料量をそれに応じて増大補正し、リーク燃料量が減少した場合には目標燃料量を減少補正する。これにより、ポンプ回転数や燃料温度の変化によりリーク燃料量が変化した場合であっても蓄圧室燃料圧力は応答性良くしかも高精度に目標燃料圧力に制御される。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明を自動車用ディーゼル機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。図1において、1は内燃機関10（本実施形態では4気筒ディーゼル機関）の各気筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁、3は各燃料噴射弁1が接続される共通の蓄圧室（コモンレール）を示す。コモンレール3は、後述する高圧燃料噴射ポンプ5から供給される加圧燃料を貯留し、各燃料噴射弁1に分配する機能を有する。

【0016】また、図1において7は機関10の燃料（本実施形態では軽油）を貯留する燃料タンク、9は高圧燃料ポンプに燃料を供給する低圧フィードポンプを示している。機関運転中、タンク7内の燃料は、フィードポンプ9により一定圧力に昇圧され、高圧燃料噴射ポンプ5に供給される。また、高圧燃料噴射ポンプ5から吐出された燃料は、逆止弁15、高圧配管17を通過してコモンレール3に供給され、コモンレール3から各燃料噴射弁1を介して内燃機関の各気筒内に噴射される。

【0017】なお、図1において19で示したのは各燃

料噴射弁1からのリーク燃料を燃料タンク7に返戻するリターン燃料配管である。燃料噴射弁からのリーク燃料については後述する。図1に20で示すのは、機関の制御を行うエンジン制御回路(ECU)である。ECU20は、リードオンリメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、マイクロプロセッサ(CPU)、入出力ポートをそれぞれ双方向バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータとして構成されている。ECU20は、後述するように高压燃料噴射ポンプ5の吸入弁5aの開閉動作を制御して燃料噴射ポンプ5からコモンレール3に圧送される燃料量の目標値を機関負荷、回転数等に応じて設定する制御手段として機能し、コモンレール3内の燃料圧力を機関負荷、回転数等に応じて制御する。これにより、燃料噴射弁の噴射率が機関負荷、回転数等に応じて調節される。また、ECU20は、燃料噴射弁1の開弁時間を制御して気筒内に噴射される燃料量を機関負荷、回転数等に応じて調節する燃料噴射制御を行う。

【0018】また、本実施形態では後述するように、ECU20は燃料噴射ポンプ5の回転数(実際には後述するように機関10の回転数)と燃料温度とに基づいてリーク燃料量を算出するリーク燃料量算出手段として機能する。上記制御のため、ECU20の入力ポートには、コモンレール3に設けた燃料圧力センサ31と燃料温度センサ33とから、それぞれポンプ運転状態パラメータとしてコモンレール3内の燃料圧力と燃料温度とに対応する電圧信号が、AD変換器34を介して入力されている他、機関アクセルペダル(図示せず)に設けたアクセル開度センサ35から機関負荷パラメータとしてのアクセルペダルの操作量(踏み込み量)に対応する信号が同様にAD変換器34を介して入力されている。更に、ECU20の入力ポートには、機関のクランク軸とカム軸(図示せず)とに設けたクランク角センサ37から、クランク軸が基準回転位置(例えば第1気筒の上死点)になったときに発生する基準パルス信号とクランク回転角に応じて発生する回転パルス信号との2つの信号が入力されている。クランク角センサ37からの信号はECU20により機関10の回転数(すなわち、ポンプ5の回転数)を算出するために使用されるとともに、燃料噴射ポンプ5の吸入弁5aの開閉タイミングを判定するために使用される。

【0019】また、ECU20の出力ポートは、駆動回路40を介して燃料噴射弁1に接続され、各燃料噴射弁1の作動を制御している他、駆動回路40を介して高压燃料噴射ポンプ5の吸入弁5aの開閉を制御するソレノイドアクチュエータに接続され、ポンプ5の吐出量を制御している。本実施形態では、高压燃料噴射ポンプ5は2つのシリンダを有するピストンポンプの形式とされている。ポンプ5の各シリンダ内のピストンは、ポンプ内のピストン駆動軸に形成されたカムに押圧されてシリン

ダ内を往復運動する。また、各シリンダの吸入ポートには、ソレノイドアクチュエータにより開閉駆動される吸入弁が設けられている。本実施形態ではピストン駆動軸は機関10のクランク軸(図示せず)により駆動され、クランク軸と同期してクランク軸の2分の1の速度で回転する。また、ポンプ5のピストン駆動軸には、それぞれのピストンと係合する部分に2つのリフト部を持つカムが形成されており、ポンプ10のピストンは機関10の各気筒のストロークに同期して燃料を吐出するようになっている。すなわち、本実施形態では4気筒ディーゼル機関が使用されているため、ポンプ10の2つのシリンダはクランク軸が720度回転する間にそれぞれ2回ずつ、機関の気筒のストロークに同期して(例えば各気筒の排気行程毎に)コモンレール3に燃料を圧送する。

【0020】また、ECU20はポンプの各シリンダのピストンの上昇(圧送)行程における吸入弁5aの開弁時期を変化させることによりポンプからの燃料油の吐出流量を制御する。すなわち、ECU20は、各シリンダのピストン下降行程(吸入行程)の間、及びピストン上昇行程(吐出行程)開始後所定の期間ソレノイドアクチュエータへの通電を停止して吸入弁5aを開弁状態に維持する。これにより、各シリンダでピストンが吐出行程に入ってもシリンダ内の燃料は吸入弁5aからタンクに逆流しシリンダ内の燃料圧力は上昇しない。そして、上記期間経過後ECU20は吸入弁5aのソレノイドアクチュエータに通電して吸入弁5aを開弁する。これによりポンプピストンの上昇に伴いシリンダ内の圧力が上昇し、シリンダ内圧力がコモンレール3内の圧力より高くなると各シリンダの逆止弁15が開弁し、シリンダ内の高压の燃料油が高压配管17を経由してコモンレール3に圧送される。なお、吸入弁5aは一旦開弁するとシリンダ内燃料圧力が高い間は燃料圧力に押されて開弁状態に保持される。従ってコモンレール3への燃料圧送量はポンプ5の吸入弁5aの開弁開始時期により定まる。このため、ECU20はポンプ5の各シリンダの吸入弁5aの開弁タイミング(ソレノイドアクチュエータへの通電タイミング)を調節することにより、ポンプ5のピストン有効ストロークを変化させコモンレール3に圧送する燃料量を制御している。

【0021】本実施形態では、ECU20は機関負荷、回転数に応じて予めROMに格納した関係に基づいて目標コモンレール燃料圧力を設定するとともに、燃料圧力センサ31で検出したコモンレール燃料圧力が設定した目標コモンレール燃料圧力になるようにポンプ5の吐出量を制御する。また、ECU20は機関負荷、回転数に応じて予めROMに格納した関係に基づいて燃料噴射弁1の開弁時間(燃料噴射時間)を制御する。

【0022】本実施形態の燃料噴射装置ではコモンレール3の燃料圧力を機関運転条件に応じて変化させることにより、燃料噴射弁1の噴射率を運転条件に応じて調節

し、また、燃料圧力と燃料噴射時間とを機関運転条件に応じて変化させることにより燃料噴射量を調節している。このため、本実施形態のコモンレール式燃料噴射装置では、機関の各運転条件に応じた最適な噴射率と噴射量とで燃料噴射が行われ、燃焼騒音、振動等を抑制しつつ燃料消費率と排気エミッションとが同時に低減される。

【0023】上記のように各運転条件に最適な噴射率と噴射量とを達成するため、本実施形態のコモンレール式燃料噴射装置では、コモンレール内の燃料圧力は機関の運転条件（負荷、回転数）に応じて極めて広い範囲で（例えば、10MPaから150MPa程度までの範囲）変化させる必要があり、コモンレール燃料圧力を応答性良く高精度に制御する燃料圧力制御が必要とされる。

【0024】次に、本実施形態における燃料圧力制御について説明する。本実施形態では、燃料ポンプ5からのポンプ動作1サイクル当たりのコモンレール3への燃料供給量、すなわち吸入弁5aの開弁タイミングTF（クランク角）は以下の式で与えられる。

$$TF = TFBSE - TFD + TFBK$$

なお、本実施形態ではTFの値は大きくなるほど吸入弁の開弁タイミングは遅角されコモンレール3への燃料供給量は減少する。

【0025】上記の式においてTFBSEは基本圧送量（フィードフォワード量）、TFDは吸入弁開弁遅れ時間補正のための進角量、TFBKはフィードバック量を示している。ここで、TFBSEは目標コモンレール燃料圧力PFINと燃料噴射量指令値とに応じて定められる燃料圧送量であり、コモンレール燃料圧力を概略目標圧力近傍にするのに必要な燃料圧送量を表している。前述のように、本実施形態では目標燃料圧力PFINと燃料噴射量指令値とはECU20により別途実行されるルーチン（図示せず）により機関運転条件（アクセル開度と機関回転数と）に応じて設定される。フィードフォワード量TFBSEは予め目標圧力と燃料噴射量指令値との各組合せについて実験等に基づいて設定され、予めECU20のROMに目標圧力PFINと燃料噴射量指令量とを用いた数値マップとして格納されており、設定された目標圧力PFINと燃料噴射量指令値とに基づいてこのマップから読み出される。

【0026】TFDは、吸入弁5aに対して閉弁信号を出力してから実際に吸入弁5aが開弁するまでの時間に相当するクランク回転角である。すなわち、本実施形態では吸入弁5aの作動遅れ時間分だけ吸入弁5aへの開弁信号出力タイミングを進角させている。遅れ時間補正のための進角量TFDは、バッテリー電圧が低いほど（吸入弁5aの駆動ソレノイドの駆動力が低下するほど）、また機関回転速度が早いほど大きな値に設定される。

【0027】また、フィードバック量TFBKは燃料圧

力センサ31で検出した実際のコモンレール燃料圧力PCと目標燃料圧力PFINとの偏差 $\Delta PC (= PC - PFIN)$ に応じて以下の式で算出される。

$$TFBK = BKP + BKI$$

ここで、BKPは比例項を表し比例係数 $\alpha$ と偏差 $\Delta PC$ との積 $\alpha \times \Delta PC$ で与えられ、BKIは積分項を表し後述するように $\Delta PC$ の値に応じて一定量ずつ増減する値とされる。

【0028】すなわち、本実施形態では燃料ポンプ5からコモンレール3への燃料供給量（TF）は、マップから読みだされるフィードフォワード量TFBSEによりコモンレール燃料圧力が略目標値PFINになるように粗調整され、フィードバック量TFBKによりコモンレール燃料圧力が正確に目標値に一致するように比例積分制御により微調整される。

【0029】ところで、前述したようにフィードフォワード量TFBSEは予め目標圧力PFINと燃料噴射量指令値との各組合せ毎に設定されているが、このフィードフォワード量TFBSEの各値は実際の機関を回転数一定かつ燃料温度一定の条件下で運転した実測値に基づいて設定されているため、実測条件におけるリーク量を含んでいる。

【0030】すなわち、燃料噴射ポンプ5からコモンレール3に供給された燃料のうち燃料噴射系統からのリークによりコモンレール3の圧力上昇に寄与することなく燃料タンク7に返戻される燃料が存在する。例えば、燃料噴射弁の形式によっては燃料噴射弁の開弁動作を燃料油の圧力を利用して行うため燃料噴射動作に伴って燃料噴射条件から定まる一定量の燃料油が燃料タンクに返戻される形式のものがある。より詳細には、このような形式の弁では、閉弁時には弁体の下部（噴孔側）と上部との両方に燃料圧力を作用させることにより燃料圧力により弁体に加わる力をバランスさせ、スプリングの力で弁体を弁座に押圧している。一方、燃料噴射時には弁体上部の燃料油を電磁弁を経由してリターン配管に逃がすことにより弁体上部に作用する圧力を低下させる。これにより、弁体下部に作用する燃料油圧力により弁体がスプリングに抗して押し上げられ噴孔が開放され噴射が行われる。すなわち、この形式の燃料噴射弁では燃料噴射動作に伴ってコモンレール3から燃料タンク7に返戻されるリーク燃料が発生する。

【0031】また、上記開弁動作に伴うリーク燃料の他に、常時燃料噴射弁の摺動部クリアランスからリークする燃料油があり、これらのリーク燃料は各燃料噴射弁1と燃料タンク7とを接続するリターン燃料配管19を通過して燃料タンクに返戻される。本明細書では上記燃料噴射弁の燃料噴射動作に伴って生じるリーク燃料を動的リーク燃料、摺動部からのリーク燃料等のように燃料噴射弁の燃料噴射動作とは関係なく常時コモンレールから燃料タンクに返戻されるリーク燃料を静的リーク燃料と呼



ぶことにする。

【0032】また、静的リーク燃料には、燃料噴射弁の摺動部からのリーク以外にも燃料噴射ポンプ5の摺動部クリアランスからリークする燃料が存在する。これらのリーク燃料のうち、燃料噴射弁からの1回の燃料噴射動作に伴う動的リーク燃料の量は燃料噴射圧力（すなわちコモンレール3内の目標燃料圧力）と燃料噴射弁の開弁時間（燃料噴射量）とによって略定まるためポンプ回転数や燃料温度によっては大きく変化しない。また、燃料噴射ポンプ5からの燃料圧送動作は機関回転（燃料噴射動作）に同期して実行されるためポンプ動作1サイクル当たりの動的リーク量は、1回の燃料噴射動作に伴う動的リーク量と等しくなる。このため、前述のように実測値に基づいてフィードフォワード量TFBSEを設定しておけば、TFBSEに含まれる動的リーク量はポンプ回転数や燃料温度が変わっても実際の値からは大きく変化することはない。

【0033】ところが、ポンプ動作1サイクル当たりの燃料噴射弁摺動部からの静的リーク量と燃料噴射ポンプ5摺動部からの静的リーク量とはコモンレール圧力、燃料温度、ポンプ回転数により変化する。より詳細には燃料噴射弁とポンプ摺動部からの単位時間当たりのリーク燃料量は燃料圧力（コモンレール圧力）と燃料温度（燃料の粘度）とにより変化し、燃料圧力が高いほど、また燃料温度が高いほど（燃料の粘度が低いほど）大きくなる。また、ポンプ動作1サイクルに要する時間はポンプ回転数（本実施形態では機関回転数に等しい）に応じて変化するため、ポンプ1サイクル当たりの静的リーク量は単位時間当たりの静的リーク量が同一であっても回転数が高いほど小さくなる。上記のように実測値に基づいて設定されたフィードフォワード量TFBSEは、各燃料圧力に応じた静的リーク量を含んでいるものの、ポンプ回転数と燃料温度とは一定の条件で計測されているため、ポンプ回転数や燃料温度が実測時の値と異なる運転条件下ではTFBSEに含まれている静的リーク量は実際の静的リーク量とは異なった値となってしまう。

【0034】このため、実際の運転では数値マップから決定したフィードフォワード量TFBSEを用いてポンプの燃料圧送量を決定すると、ポンプ回転数や燃料温度がTFBSE設定時の条件から変化したような場合にはコモンレール圧力を十分に目標圧力に近づけることができなくなり、燃料圧力制御の応答性が低下する問題が生じるのである。

【0035】そこで、本実施形態では上記問題を防止するために前述のマップに基づいて設定したフィードフォワード量TFBSEの値をポンプ回転数と燃料温度とに基づいて補正し、フィードフォワード量TFBSEに含まれる静的リーク量が実際のポンプ運転条件に即した値になるようにしている。例えば、燃料噴射ポンプ動作1サイクル当たりの燃料噴射弁からの静的リーク量QIL

Sと燃料噴射ポンプからの静的リーク量QPLとは近似的に以下の式で表すことができる。

$$【0036】QILS = A_1 \times (A_2 + A_3 \times PFIN) \times A_4 / NE$$

$$QPL = B_1 \times PFIN \times B_2 / NE$$

ここで、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 及び $B_1$ は定数、 $A_4$ 、 $B_2$ は燃料温度（燃料粘度）により定まる係数であり、予め実験により決定される。また、NEは機関回転数（ポンプ回転数）である。

【0037】本実施形態では、ECU20はフィードフォワード量TFBSEをコモンレール目標圧力PFINと燃料噴射量指令値とに基づいてROMに内蔵した数値マップから決定した後、燃料温度センサ33で検出した燃料温度と機関回転数とに基づいて上記式から燃料噴射弁と燃料噴射ポンプと燃料噴射ポンプ動作1サイクル当たりの静的リーク量QILSとQPLとを算出する。そしてフィードフォワード量TFBSEの数値マップ製作時の燃料温度と機関回転数における燃料噴射ポンプ動作1サイクル当たりの静的リーク量QILS、QPLとの差dQILS（=QILS<sub>0</sub> - QILS）、dQPL（=QPL<sub>0</sub> - QPL）を算出する。ECU20は、これらの和dQILS + dQPLに相当する量だけポンプからの燃料圧送量を変化させるために必要とさせる吸入弁5aの開弁タイミングの補正量f（dQILS + dQPL）を算出するとともに、フィードフォワード量TFBSEをf（dQILS + dQPL）だけ増量補正する。前述のように、本実施形態ではTF（=TFBSE - TFD + TFBK）の値が大きくなると吸入弁5aの開弁タイミングが遅くなり燃料ポンプからの燃料圧送量は減少するため、これにより燃料噴射ポンプ5からの燃料圧送量はdQILS + dQPLに相当する量だけ減少し、補正後のTFBSEの値は実際の燃料噴射ポンプ運転条件における静的リーク量に対応した値となる。このため、上記補正後のフィードフォワード量TFBSEを用いて燃料噴射ポンプ5を制御することにより、コモンレール3内燃料圧力は短時間で目標燃料圧力PFINに十分近い値に制御されるようになる。

【0038】図2は上記燃料ポンプからの燃料圧送量制御操作を説明するフローチャートである。本操作はECU20により一定時間毎に実行されるルーチンとして行われる。本操作では、ECU20はコモンレール目標圧力PFINと燃料噴射指令値TAUとに基づいて、ROMに内蔵した数値テーブルからフィードフォワード量TFBSEを読み出すとともに、機関回転数NE、燃料温度TF、コモンレール目標圧力PFINから燃料噴射弁と燃料ポンプとの静的リーク量の偏差ΔQILSとΔQPLとを算出する。そして、この偏差に応じた量だけTFBSEを増量補正するとともに、補正後のTFBSEを用いて吸入弁5aの開弁タイミングTFを、TF = TFBSE - TFD + TFBKとして設定する。

【0039】以下、図2のフローチャートを簡単に説明すると、図2ステップ201ではアクセル開度センサ35で検出したアクセル開度(負荷)ACCと機関回転数NE、燃料圧力センサ31で検出したコモンレール3内燃料圧力PC、燃料温度センサ33で検出した燃料温度TF、電圧センサ(図示せず)で検出したバッテリー電圧VBがそれぞれ読み込まれる。また、ステップ203では別途ECU20により実行される図示しないルーチンにより機関回転数NEと機関負荷ACCとに基づいて算出される目標コモンレール圧力PFINと燃料噴射指令値TAUとが読み込まれる。

【0040】更に、ステップ205では予め定めた関係に基づいてバッテリー電圧VBと機関回転数NEとから遅れ時間補正用の進角量TFDが算出され、ステップ207では、予めROMに内蔵した数値テーブルから、コモンレール目標圧力PFINと燃料噴射量指令値TAUとを用いてフィードフォワード量TFBSEが決定される。

【0041】ステップ209から215はフィードバック量TFBKの算出を示す。すなわち、ステップ209では目標圧力PFINと実際のコモンレール圧力PCとの偏差 $\Delta PC$ が、 $\Delta PC = PC - PFIN$ として算出され、ステップ211では $\Delta PC$ に基づいて積分項BKIが算出される。本実施形態では、積分項BKIは $\Delta PC$ の値に基づいて以下のように設定される。

【0042】②  $\Delta PC < -\Delta P_i$  のとき、 $BKI = 0$   
③  $-\Delta P_i \leq \Delta PC < 0$  のとき、 $BKI = BKI_{i-1} - \Delta I_i$

④  $\Delta PC = 0$  のとき、 $BKI = BKI_{i-1}$

⑤  $0 < \Delta PC \leq \Delta P_i$  のとき、 $BKI = BKI_{i-1} + \Delta I_i$

⑥  $\Delta P_i < \Delta PC$  のとき、 $BKI = 0$

すなわち、本実施形態では、 $|\Delta PC| \geq \Delta P_i$  ( $\Delta P_i$  は正の一定値) の場合(②、③)には偏差が大きいため、比例項のみで偏差を収束させるようにして、積分項BKIは燃料噴射ポンプや燃料噴射弁の特性のばらつきなどによる比較的小さな定常的偏差の補正にのみ使用する。また、偏差 $\Delta PC$ が負の場合には実際のコモンレール圧力が目標圧力より低いため、燃料圧送量を増大させるためにBKIの値は前回ルーチン実行時の値 $BKI_{i-1}$ より一定量 $\Delta I_i$ だけ減少される(③)。同様に偏差 $\Delta PC$ が正の場合にはBKIの値は一定量 $\Delta I_i$ だけ増大され、燃料圧送量が低減される。また、 $\Delta PC = 0$ であればBKIの値は変更せず前回ルーチン実行時の値 $BKI_{i-1}$ のままに保持される。

【0043】上記により積分項BKIを設定後、ステップ213では比例項BKPの値が、 $BKP = \alpha \times \Delta PC$ として算出され( $\alpha$ は定数)、ステップ215ではフィードバック量TFBKが、 $TFBK = BKP + BKI$ と

して設定される。ステップ217からステップ221は静的リーク量によるフィードフォワード量TFBSEの補正操作を示す。これらの操作では、まず前述の式を用いて機関回転数NE、コモンレール目標圧力PFIN、燃料温度TFに基づいて実際の静的リーク量とTFBSEのマップに含まれる静的リーク量との偏差 $\Delta QILS$ 、 $\Delta QPL$ をそれぞれ算出し(ステップ217)、この偏差の合計量( $\Delta QILS + \Delta QPL$ )からTFBSEの補正量 $f$ ( $\Delta QILS + \Delta QPL$ )を算出する(ステップ219)。そしてステップ221では、ステップ207でマップから読みだしたTFBSEの値を補正量 $f$ ( $\Delta QILS + \Delta QPL$ )だけ増量補正し、補正フィードフォワード量 $TFBSE'$ を $TFBSE' = TFBSE + f(\Delta QILS + \Delta QPL)$ として算出する。

【0044】そして、ステップ223では上記補正後のフィードフォワード量 $TFBSE'$ と遅れ時間補正用進角量TFD、フィードバック量TFBKを用いて燃料噴射ポンプ5の燃料圧送量(吸入弁5aの開弁タイミング)TFが、 $TF = TFBSE' - TFD + TFBK$ として算出される。上述のように、本実施形態では図2の操作により燃料ポンプの実際の運転条件下での燃料噴射弁と燃料噴射ポンプとからの静的リーク量に応じてECU20のROMから読みだしたフィードフォワード量TFBSEが補正されるため、ポンプ回転数や燃料温度等のポンプ運転条件が変化した場合でもフィードフォワード量TFBSEは適切な値に設定される。このため、ポンプ回転数や燃料温度が変化した場合でもコモンレール3内燃料圧力は目標燃料圧力に应答性良く制御されるようになる。

【0045】

【発明の効果】各請求項に記載の発明は、燃料噴射ポンプ回転数や燃料温度などの燃料噴射ポンプ運転状態が変化した場合であっても、蓄圧室内の燃料圧力を高い精度でしかも応答性良く目標圧力に制御することが可能となる共通の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の燃料噴射装置の一実施形態の概略構成を説明する図である。

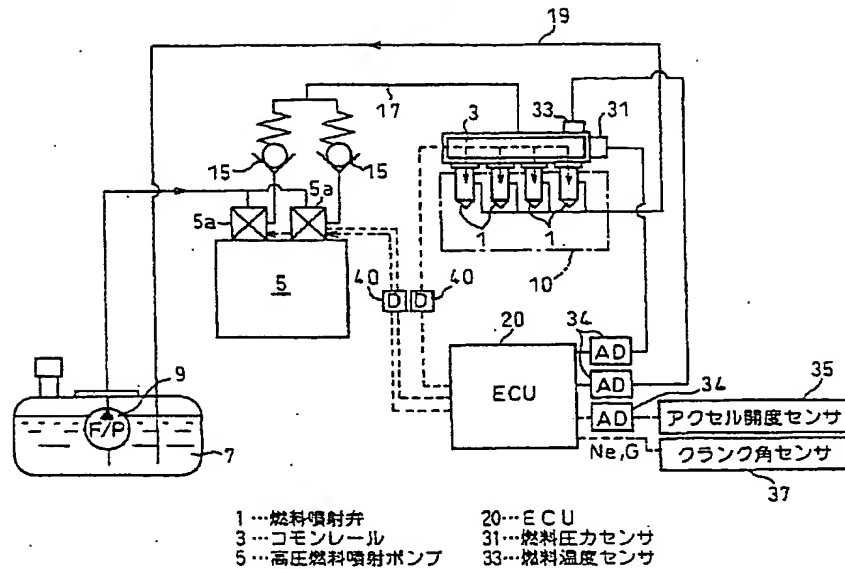
【図2】図1の実施形態の燃料噴射ポンプからの燃料圧送量制御操作を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

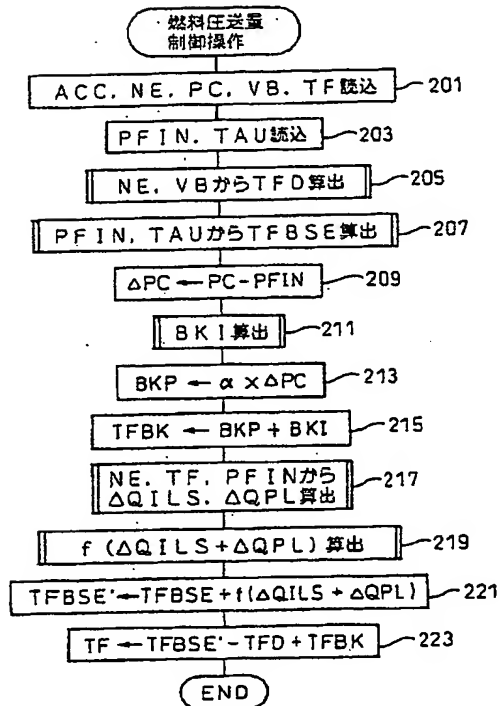
- 1…燃料噴射弁
- 3…蓄圧室(コモンレール)
- 5…燃料噴射ポンプ
- 10…内燃機関
- 20…制御回路(ECU)
- 31…燃料圧力センサ
- 33…燃料温度センサ



【図1】



【図2】



フロントページの続き